

Prof. dr hab. inż. Józef FRAŚ^a, mgr Marcin FRAŚ^b

^a Wyższa Szkoła Logistyki w Poznaniu, Wydział Zarządzania i Logistyki, Katedra Nauk o Zarządzaniu
Higher School of Logistics in Poznan, Faculty of Management and Logistics, Department of Management Sciences

^b TCL Consulting GmbH, Niemcy

METODY I NARZĘDZIA ZARZĄDZANIA UTRZYMANIEM RUCHU MASZYN WSPÓŁCZESNYCH SYSTEMÓW PRODUKCYJNYCH

Streszczenie

Wstęp i cel: Współczesne systemy produkcyjne, narastający stopień ich zautomatyzowania i wysoki poziom zorganizowania stawiają przed służbami utrzymania ruchu maszyn przedsiębiorstw coraz wyższe wymagania. Odpowiedzią na te zmiany w obszarze utrzymania wysokiej niezawodności i efektywności infrastruktury technicznej jest powstawanie nowych koncepcji, metod i narzędzi wspomagających pracę służb z działu utrzymania ruchu. Celem pracy jest przedstawienie charakterystyk współczesnych filozofii zarządzania produkcją, metod i narzędzi wspomagających zarządzanie utrzymaniem maszyn we współczesnych systemach produkcyjnych.

Materiały i metody: Materiał bazuje na literaturze przedmiotu i przemyśleniach autorów. Zastosowano technikę deskresearch i uzupełniono jej treść przykładem zastosowania narzędzi związanych z utrzymaniem ruchu maszyn.

Wyniki: W pracy scharakteryzowano wybrane koncepcje racjonalizacji zadań służb utrzymania ruchu na tle współczesnych systemów produkcyjnych. Przedstawiono istotne metody i narzędzia zarządzania utrzymaniem ruchu maszyn, stosowane w koncepcjach: szczupłej produkcji - Lean Manufacturing (LM), produkcji klasy światowej - World Class Manufacturing (WCM) oraz zwinnej produkcji - Agile Manufacturing (AM). Analizę wsparto badaniem funkcjonowania TPM w przedsiębiorstwie poprzez pomiar wskaźnika ogólnej efektywności wyposażenia - OEE. W trakcie prowadzonych badań autorzy zidentyfikowali kilka barier i problemów związanych z zarządzaniem utrzymaniem ruchu infrastruktury technicznej.

Wniosek: Zastosowanie odpowiedniej filozofii zarządzania utrzymaniem ruchu infrastruktury technicznej jest zasadniczym elementem, który wpływa na efektywność i niezawodność pracy.

Słowa kluczowe: Systemy produkcyjne, koncepcje utrzymania ruchu maszyn, infrastruktura techniczna.

(Otrzymano: 28.06.2018; Zrecenzowano: 29.06.2018; Zaakceptowano: 30.06.2018)

METHODS AND TOOLS OF MACHINES MAINTENANCE MANAGEMENT IN A MODERN PRODUCTION SYSTEMS

Abstract

Introduction and aim: Modern production systems, increasing the degree of automation and high levels pose enterprises increasingly higher requirements to organize maintenance services of machinery. The response to these changes in the area of maintaining high reliability and efficiency of technical infrastructure is the emergence of new concepts, methods and tools supporting the work of services from the maintenance department. The aim of the study is to present the characteristics of modern production management philosophy, methods and tools to support the management of maintenance equipment in modern production systems.

Material and methods: The material is based on the literature and the authors' thoughts. The desk research technology was used and its content was supplemented by an example of tools related to machine maintenance.

Results: The study characterized the rationalization concepts selected tasks of maintenance services on the background of modern production systems. Significant methods and tools of machine maintenance management were presented, used in the following concepts: lean production - Lean Manufacturing (LM), world class production - World Class Manufacturing (WCM) and agile production - Agile Manufacturing (AM). The analysis of the problem was supported by the study of TPM functioning in the enterprise by measuring the general equipment efficiency indicator - OEE. During the research, the authors identified several barriers and problems related to the management of technical infrastructure maintenance.

Conclusions: Application of proper management philosophy of maintenance of the technical infrastructure is an essential element that affects the efficiency and reliability.

Keywords: Production systems, machine maintenance concept, technical infrastructure.

(Received: 28.06.2018; Revised: 29.06.2018; Accepted: 30.06.2018)

1. Wprowadzenie

Na przełomie XX i XXI w. zarysowała się wyraźna tendencja do zastępowania: produkcji masowej - indywidualizacją wyrobów, ekonomii skali - ekonomią pola, konkurowania ceną - konkurowaniem jakością, pracowników przeszkolonych specjalistycznie - pracownikami mającymi wszechstronne umiejętności. Aby sprostać tak sformułowanym, nowym wyzwaniom w sferze produkcji, przedsiębiorstwo musi dysponować odpowiednim wyposażeniem oraz utrzymywać je w dobrym stanie technicznym.

Wzrost wydajności procesów produkcyjnych, przy jednoczesnym ich skracaniu oraz ustawicznych zmianach w turbulentnym otoczeniu przedsiębiorstw, wpływająca wzrost awaryjności maszyn i urządzeń. Przestoje maszyn generują wysokie koszty, powodując obniżenie rentowności wielu przedsiębiorstw oraz utratę ich konkurencyjności. Wzrastają też koszty planowanych działań zapobiegawczych.

Utrzymanie ruchu jest procesem kosztownym, ale koniecznym ze względu na możliwość ograniczania innych kosztów, w tym związanych ze zdolnością przedsiębiorstw do przywracania potencjału eksploatacyjnego infrastruktury technicznej. Ponoszone koszty związane z funkcjonowaniem służb utrzymania ruchu warunkują bezusterkową pracę systemów produkcyjnych, obniżają koszty eksploatacji, podwyższają wskaźnik ogólnej efektywności wyposażenia - OEE (*ang. Overall Equipment Effectiveness*).

Do współczesnych koncepcji zarządzania produkcją, Kterów sposób zintegrowany wiąże działalność produkcyjną z doskonaleniem utrzymania ruchu maszyn zalicza się: szczupłą produkcję - Lean Manufacturing (LM), system produkcji klasy światowej - World Class Manufacturing (WCM) i zwinne wytwarzanie - Agile Manufacturing (AM), a także szereg metod i narzędzi wykorzystywanych przez te współczesne filozofie zarządzania produkcją pracy.

Celem pracy jest przedstawienie charakterystyk tych wymienionych wyżej filozofii zarządzania produkcją, ich metod i narzędzi wspomagających zarządzanie utrzymaniem ruchu maszyn we współczesnych systemach produkcyjnych [12].

W niniejszym artykule podjęto także próbę przybliżenia możliwości zastosowania poszczególnych metod i narzędzi w wybranych obszarach przedsiębiorstwa związanych z utrzymaniem ruchu maszyn i urządzeń.

Dla potrzeb realizacji celu pracy przeprowadzono badania deskresearch, uzupełnione przykładami zastosowania metod i technik zarządzania utrzymaniem ruchu w przedsiębiorstwach sektora opakowaniowego.

2. Współczesne koncepcje zarządzania produkcją

2.1. Koncepcja szczupłej produkcji – Lean Manufacturing

Koncepcja ta kreuje taką kulturę pracy w organizacji, że wszyscy pracownicy zainteresowani są ustawiczną obniżką kosztów, podnoszeniem poziomu jakości i skracaniem cyklu dostawy po to, aby maksymalnie spełniać oczekiwania klientów i dostosowywać się płynnie do warunków otoczenia.

Koncepcja ta kładzie nacisk na eliminację marnotrawstwa, czyli działań, które nie dodają żadnej wartości.

Lean Manufacturing traktowana jest jako nowa filozofia zarządzania przedsiębiorstwem, nowa organizacja przedsiębiorstwa lub jako system koncepcji i metod zarządzania [8].

Szczupłe zarządzanie wyróżnia pięć fundamentalnych zasad, które można odnieść zarówno do przedsiębiorstwa jako całości, jak i do pojedynczych procesów oraz działań konkretnego człowieka:

- określ, które czynności przynoszą wartość z punktu widzenia klienta,
- zidentyfikuj wszystkie czynności obecnie niezbędne do wytworzenia produktu wzdłuż całego łańcucha wartości w celu zidentyfikowania kroków, będących marnotrawstwem,
- stwórz nowy łańcuch wartości, wolny od marnotrawstwa w postaci przestojów, zakłóceń, powrotów itp.,
- rób to, czego wymaga klient,
- dąż do perfekcji, usuwając zidentyfikowane przyczyny marnotrawstwa [3].

Zastosowanie Lean Manufacturing powinno prowadzić do sytuacji, w której właściwe elementy znajdują się we właściwym miejscu o właściwym czasie. Szczególnie skoncentrować się należy na ograniczaniu trzech głównych strat, zwanych z japońskiego 3M:

- Muda - odpadów produkcyjnych, przestojów, zbędnych ruchów i wszelkich rodzajów marnotrawstwa: czasu, zasobów, działań, które nie stanowią dla klienta wartości,
- Muri - nadmiernego obciążania pracowników, maszyn lub procesów prowadzących do przemęczenia ludzi, częstego psucia się urządzeń i ich przestojów, itp.,
- Mura - niezgodności i nieregularności działań - takie zarządzanie przepływem wszystkich zasobów, aby zapewnić regularność, brak przestojów, stały przebieg poszczególnych operacji [13].

Metoda Lean Manufacturing korzysta z bardzo wielu zasad i narzędzi, których implementacja warunkuje doskonalenie procesów produkcyjnych, w których właściwe elementy znajdują się we właściwym czasie i na właściwym miejscu.

2.2. Produkcja klasy światowej – World Class Manufacturing (WCM)

W dobie narastającej konkurencji przedsiębiorstwa dążą do uzyskania doskonałości oraz poszukują najefektywniejszych sposobów uzyskania przewagi konkurencyjnej na globalnym rynku. Aby sprostać tym wymaganiom należy ostrożnie dobierać kooperantów oraz przede wszystkim zapewniać klientom satysfakcję z nabywanych produktów. Pomocne w tym stają się nowe koncepcje, metody czy idee, między innymi WCM, czyli połączenie najlepszych praktyk sektora i produkcji światowej. Zadaniem World Class Manufacturing jest identyfikacja wszystkiego, co może być ulepszone codziennych działaniach.

Filozofii WCM przyświecają cele rozwinięcia na doskonałym poziomie działań systemu produkcyjno-logistycznego przedsiębiorstwa. Dokonywane jest to poprzez rozwinięcie kompetencji pracowników oraz organizację zdolną do:

- eliminacji marnotrawstwa,
- zaangażowania wszystkich pracowników działających na każdym poziomie organizacyjnym,
- zastosowania metodologii i narzędzi stosowanych,
- rozpowszechniania i standaryzacji osiągniętych wyników [9].

System produkcji światowej opiera się na dziesięciu filarach technicznych:

- bezpieczeństwo,
- podział kosztów,
- ukierunkowana poprawa,
- działania autonomiczne / organizacja miejsc pracy,
- utrzymanie specjalistyczne,
- kontrola jakości,

- logistyka i obsługa klienta,
- wczesne zarządzanie maszynami,
- rozwój pracowników,
- odpowiedzialność za środowisko [14]

oraz na dziesięciu filarach zarządzania:

- zaangażowanie kierownictwa,
- jednoznaczność celów,
- droga do WCM,
- alokacja pracowników,
- zaangażowanie przedsiębiorstwa,
- umiejętność rozwiązywania problemów,
- zarządzanie personelem,
- poziom szczegółowości,
- poziom rozszerzenia działań,
- motywowanie operatorów systemu produkcyjnego [15].

Poprzez zastosowanie filarów technicznych i zarządzania, WCM staje się zintegrowanym modelem optymalizującym procesy produkcyjne i logistyczne, dążącym do doskonalenia podstawowych czynników takich jak: jakość, produktywność, koszty działalności oraz bezpieczeństwo i ochrona środowiska.

2.3. Koncepcja zwinnej produkcji – Agile Manufacturing (AM)

Przez ostatnie dziesięciolecia wielu producentów starało się wdrożyć w swoich przedsiębiorstwach zasady odchudzonego wytwarzania, o którym stało się głośno za sprawą sukcesów rynkowych firmy Toyota. Dużo mniej znana jest koncepcja zwinnego wytwarzania.

Koncepcje odchudzonego i zwinnego przedsiębiorstwa często opisywane są jako oddzielne podejścia. Związane jest to np. z rozumieniem celów, którymi w przedsiębiorstwie odchudzonym są wyeliminowanie wszelkiego marnotrawstwa, a w zwinnym możliwie najlepsze dopasowanie do wymagań klientów i efektywne wykorzystywanie okazji pojawiających się na rynku.

Przedsiębiorstwo zwinne to takie, które reaguje na szanse i zagrożenia pojawiające się w otoczeniu. Szanse w tym przypadku należy rozumieć jako sytuacje, które szybko przemijają, lecz ich wykorzystanie umożliwia osiągnięcie pożądaných skutków lub zamierzonych przez organizację celów.

Zwinność systemu produkcyjnego jest najczęściej objaśniana z wykorzystaniem pojęć takich, jak: zwinne przedsiębiorstwo, produkty, siła robocza, zdolności i środowisko. Analiza literatury dokonana przez L.Jin-Hai, A.R.Andersona i R.T.Harrisona umożliwiła wskazanie pięciu podstawowych cech występujących w definicjach objaśniających pojęcie zwinnego wytwarzania:

- reagowanie na zmianę i niepewność,
- skupienie na budowaniu kluczowych kompetencji,
- dostarczanie produktów wysoce dopasowanych do wymagań klientów,
- łączenie zróżnicowanych technologii,
- integracja wewnętrzna i zewnętrzna przedsiębiorstwa [5].

Za moment powstania koncepcji wytwarzania zwinnego uważany jest rok 1991, w którym grupa badaczy z IacoccaInstitute Uniwersytetu Lehigh utworzyła Agility Forum.

Publikacją, która wprowadziła do literatury określenie „Agile Manufacturing” był raport „The 21-st Century Manufacturing Enterprise Strategy” autorstwa S.Goldman, K.Preissi i innych [10].

Koncepcja organizacji zwinnej pojawiła się, gdy w przedsiębiorstwach przemysłowych zauważono, że zmiany w środowisku biznesowym wyprzedzają zdolności adaptacyjne tradycyjnych systemów wytwórczych, w efekcie czego systemy te utraciły zdolność do wykorzystywania okazji, które pojawiały się w ich otoczeniu. W długim okresie czasu brak umiejętności odpowiednio szybkiej adaptacji do zmian w konkurencyjnym środowisku może nawet doprowadzić do upadku przedsiębiorstwa.

Zasadniczym celem nowej koncepcji było osiągnięcie bardzo wysokiego poziomu jakości dostarczanych produktów oraz nabycie zdolności natychmiastowego reagowania na zmiany w otoczeniu. Podstawową cechą wyróżniającą przedsiębiorstwa stosujące zasady zwinnego wytwarzania jest efektywne wykorzystanie wiedzy, doświadczenia i pomysłowości pracowników. Procesy i struktura w przedsiębiorstwie mają w założeniu szybko aktywować potencjał tkwiący w kapitale ludzkim w momencie pojawienia się okazji w otoczeniu.

L.Jin-Hai, A.R.Anderson, R.T.Harrison wyróżniają trzy poziomy zwinności, które nazywają: elementarny, mikro i makro. Wskazali oni, że najwyższy poziom zwinności wymaga przekroczenia granic organizacyjnych w celu osiągnięcia korzyści z wszystkich kluczowych kompetencji jakie są powiązane z rozpatrywanym przedsiębiorstwem. Ten najwyższy poziom zwinności autorzy ci nazwali rzeczywistą produkcją zwinną (*Real Agile Manufacturing*) [12].

3. Metody i narzędzia zarządzania utrzymaniem ruchu maszyn infrastruktury technicznej

3.1. Służby utrzymania ruchu przedsiębiorstw

Tradycyjne podejście do zarządzania utrzymaniem ruchu sprowadza się do postrzegania zakresu działań służb utrzymania ruchu wyłącznie w obrębie procesów produkcyjnych. Rozwój technologiczny i globalizacja oraz wpływ zrównoważonego rozwoju, spowodował zmianę postrzegania służb utrzymania ruchów kierunku zarządzania cyklem życia wytwarzanych produktów [4].

Utrzymanie ruchu jest postrzegane jako element łańcucha wartości operacyjnych, a jego zadaniem jest tworzenie wartości dodanej dla klienta i zapewnienie niezawodności infrastruktury technicznej systemów produkcyjnych.

Służby utrzymania ruchu przedsiębiorstw coraz częściej decydują się implementować w struktury organizacyjne systemów produkcyjnych metody i narzędzia z obszaru Lean i WCM oraz AM, między innymi:

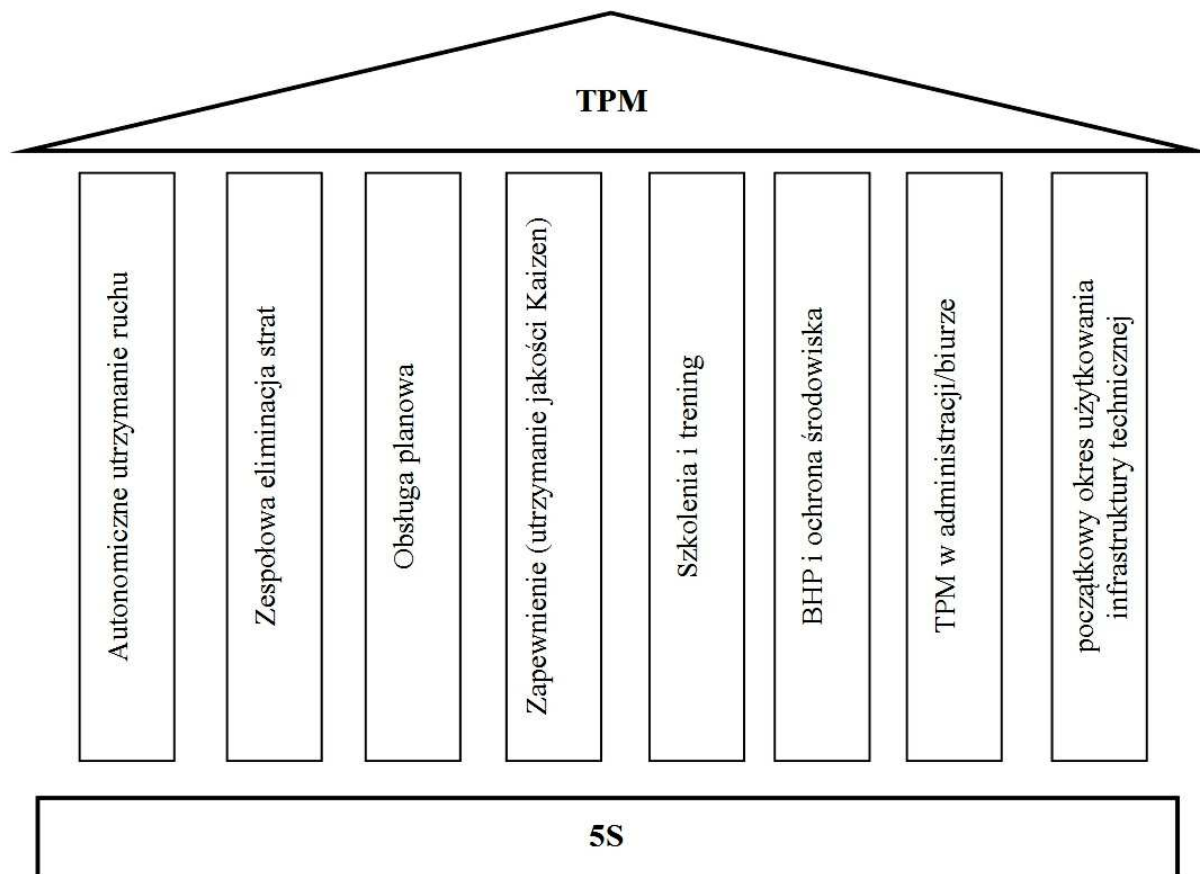
- utrzymanie ruchu zorientowane na produktywność - TPM (*ang. Total ProductiveMaintenance*),
- utrzymanie ruchu zorientowane na niezawodność - RCM (*ang. ReliabilityCentreredMaintenance*),
- samodzielne przeglądy techniczne - SP,
- całkowita efektywność wyposażenia - OEE (*ang. Overall Equipmend Effectiveness*),
- metodę 5S,
- metodę SMED,
- filozofię Kaizen,
- analizę EWO (*ang. Emergency Work Order*),
- Poka -Yoke [9].

Oprócz wyżej wymienionych kluczowych metod i narzędzi w celu zapewnienia wysokiej efektywności infrastruktury technicznej służby utrzymania ruchu implementują wiele innych narzędzi, dla których zaliczyć należy: metodę 5 Why, S-Tag, Am- Tag, OPL - lekcje jednopunktowe, harmonogramy określające standardy początkowe przeglądów, kontrolę organoleptyczną, metody profesjonalnego podejścia do rozwiązania problemu - 5G, QA Matrix, QM Matrix, X Matrix, metodę 4M, Before-After, metodę 5W, Diagram Ishikawy.

Ze względu na wymogi formalne pracy co do jej objętości, scharakteryzowane zostaną te kluczowe, związane z efektywnym utrzymaniem ruchu infrastruktury technicznej współczesnego przedsiębiorstwa.

3.2. Utrzymanie ruchu zorientowane na produktywność – TPM

TPM określane jest jako całościowe - kompleksowe - utrzymanie ruchu infrastruktury technicznej, które zorientowane jest na produktywność. Produktywność oznacza utrzymanie ruchu w znacznym stopniu zintegrowane z produkcją [6]. Metoda TPM różni się zasadniczo od tradycyjnego podejścia tym, iż angażuje wszystkich pracowników w zarządzanie utrzymaniem ruchu w przedsiębiorstwie. Kluczowym elementem wyróżniającym TPM jest autonomiczne utrzymanie ruchu, czyli działania związane z utrzymaniem maszyn i urządzeń w najlepszym stanie technicznym i czystości, prowadzone przez samych operatorów. W literaturze podawane są różne zbiory podstawowych kierunków działania w ramach TPM, jednak za najbardziej kompleksowe można uznać zestawienie określone mianem ośmiu filarów TPM zaprezentowane na rysunku 1 [1].



Rys. 1. Główne elementy koncepcji TPM
 Fig. 1. The main elements of the TPM concept

Źródło/Source: Opracowanie własne na podstawie / Elaboration of the Authors based on: I.P.S. Ahuja, J.S. Khamba: Total productive maintenance: literature review and directions, "International Journal of Quality & Reliability Management" 2008, Vol. 25, No. 7, s. 721.

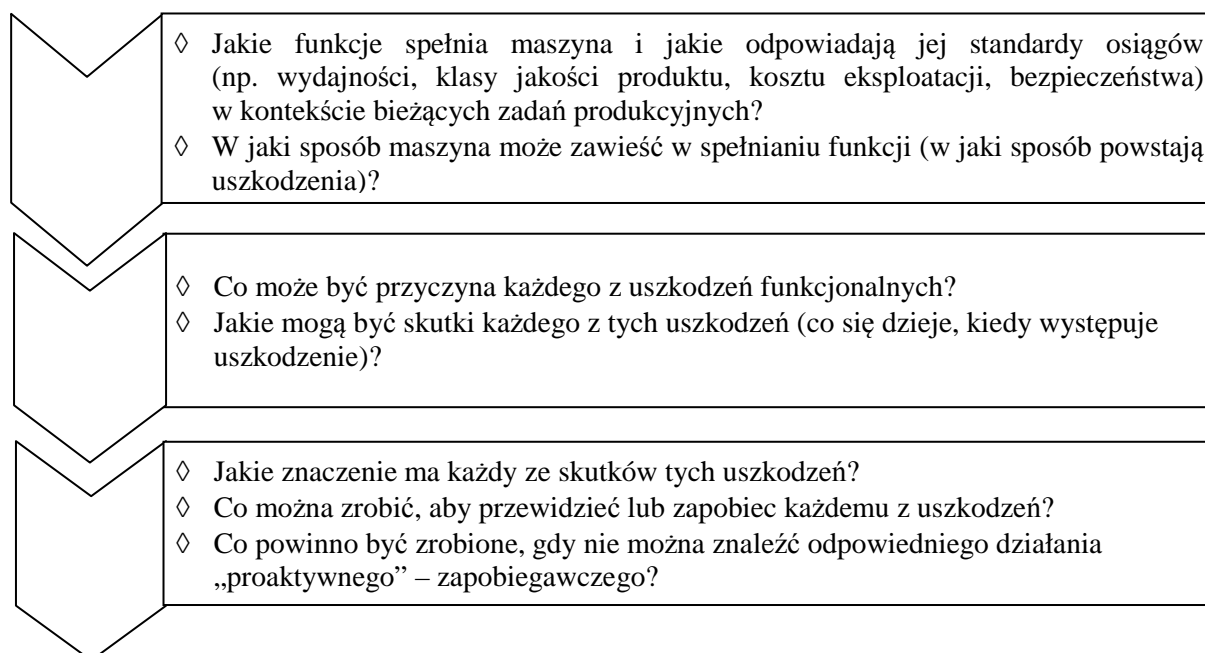
Zgodnie z przedstawionym schematem fundament budowli dla TPM stanowi technika 5S, która często jest wykorzystywana jako narzędzie mające na celu fizyczne przygotowanie stanowisk pracy do wdrażania bardziej rozwiniętych metod i narzędzi powiązanych z Lean Management czy Aqile Management [6].

Całościowe utrzymanie ruchu infrastruktury technicznej zorientowane na produktywność jest metodą, którą można wprowadzić do każdego przedsiębiorstwa, pamiętając jednakże, że nie jest to metoda uniwersalna. Według S.Nakajamy „tryb i szczegóły wykorzystania systemu TPM w celu maksymalnego zwiększenia efektywności infrastruktury technicznej należy dostosować w praktyce do indywidualnych możliwości przedsiębiorstwa. Każde przedsiębiorstwo musi opracować własny harmonogram działania, uwzględniający wymagania i problemy charakterystyczne dla specyfiki przedsiębiorstwa, sektora, metod produkcji i stanu posiadanych maszyn i urządzeń i” [7].

3.3. Utrzymanie ruchu zorientowane na niezawodność – RCM

RCM określane jako utrzymanie ruchu zorientowane na niezawodność, to metoda polegająca na określaniu niezbędnych przedsięwzięć, które mają utrzymać sprawność eksploatacyjną infrastruktury technicznej, biorąc pod uwagę początkowe warunki i szczególne wymagania serwisowe w początkowej fazie użytkowania. Pod uwagę brane jest ich znaczenie dla przebiegu procesu produkcyjnego i jakości produktu. Ważnym aspektem w przypadku zastosowania w przedsiębiorstwie RCM jest także kwestia warunków pracy, stanu technicznego parku maszynowego oraz historia eksploatacji maszyny [9]. Specyfikę utrzymania ruchu zorientowanego na niezawodność przedstawia siedem podstawowych pytań sformułowanych w 1999 roku przez International Society of Automotive Engineers, które zostały zaprezentowane na rysunku 2.

Przedstawiony na rysunku 2 zestaw pytań to harmonogram postępowania służb utrzymaniowych w kontekście utrzymania ruchu zorientowanego na niezawodność.



Rys. 2. Kluczowe aspekty odejścia metody RCM

Fig. 2. Key aspects of the method of leaving the RCM method

Źródło/Source: Opracowanie własne na podstawie / Elaboration of the Authors based on: Legutko S.: Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn. *Niezawodność i eksploatacja*, nr 2, 2009, s. 12.

W procesie implementacji zasad RCM w struktury przedsiębiorstwa wykorzystuje się szereg narzędzi i symulacji, do których zalicza się przede wszystkim: analizę FMEA, analizę FTA, modele statystyczne dla analiz niezawodności parku maszynowego oraz analizę efektywności działań służb utrzymania ruchu.

Powyższy zestaw pytań to harmonogram postępowania służb utrzymaniowych w kontekście utrzymania ruchu zorientowanego na niezawodność.

W procesie implementacji zasad RCM w struktury przedsiębiorstwa wykorzystuje się szereg narzędzi symulacji, do których zalicza się przede wszystkim: analizę FMEA, analizę FTA, modele statystyczne dla analiz niezawodności parku maszynowego oraz analizę efektywności działań służb utrzymania ruchu.

3.4. Samodzielne przeglądy techniczne – SP

Samodzielne przeglądy to procedura opracowana na podstawie tych samych założeń, co metoda TPM.

Początkowo wszelkie obserwacje funkcjonowania maszyn i urządzeń infrastruktury technicznej systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa dokonywane są przez operatorów w trakcie ich normalnych zadań, jak np. obserwacja oprzyrządowania lub sprawdzanie określonych czynności codziennie z wykorzystaniem efektów fizycznych takich jak zapach, odgłosy, drgania, temperatura, obserwacja wzrokowa, zmiany wyglądu, konieczność zastosowania siły itp., by w późniejszym czasie, po serii szkoleń wykonywać samodzielnie inspekcje i brać na siebie pełną odpowiedzialność za przeglądy, konserwację, czyszczenie, regulacje i drobne naprawy oraz dążyć stale do doskonalenia maszyn.

Różnica pomiędzy zasadami metody 5S a samodzielnymi przeglądami (SP) jest taka, iż metoda 5S dotyczy miejsca pracy, a samodzielne przeglądy - maszyn i urządzeń.

Samodzielne przeglądy to tzw. najlepsza praktyka stosowana przez operatorów, którzy przyjmują odpowiedzialność za opiekę i podstawową konserwację urządzeń przez ich poprawną obsługę, utrzymanie w czystym stanie, smarowanie oraz regularną kontrolę.

Jeżeli w wyniku przeprowadzonej inspekcji urządzenia wykryty zostanie problem, operator sam wykonuje drobne naprawy, a poważniejsze awarie zgłasza służbom utrzymania ruchu.

Korzyści z samodzielnych przeglądów to:

- mniejsza awaryjność maszyn,
- większa efektywność maszyn,
- dłuższy okres użytkowania maszyn,
- większe poczucie własności i odpowiedzialności,
- więcej czasu pracowników działu utrzymania ruchu na bardziej zaawansowane utrzymanie ruchu i analizę przyczyn awarii,
- lepsze wykorzystanie potencjalnych umiejętności operatorów,
- utrzymanie ruchu zajmuje mniej czasu [6].

Podstawowym warunkiem funkcjonowania samodzielnych przeglądów w przedsiębiorstwie jest doskonalenie operatorów maszyn i urządzeń wsparte skutecznym systemem motywacyjnym.

3.5. Emergency Work Order (analiza EWO)

Analiza EWO to narzędzie wykorzystywane przez przedsiębiorstwa w obszarze zarządzania utrzymaniem ruchu maszyn, służące do gromadzenia danych związanych z awariami infrastruktury technicznej.

Do głównych celów analizy EWO zalicza się:

- rejestrację danych statystycznych dotyczących awarii,
- rejestrację przebiegu interwencji specjalistów utrzymania ruchu maszyn,
- identyfikację przyczyn źródłowych różnego typu anomalii występujących podczas eksploatacji maszyn i urządzeń,
- określenie działań służących wyeliminowaniu przyczyn źródłowych,
- określenie zadań związanych z utrzymaniem maszyn w czasie.

Analiza EWO dokonywana jest bezpośrednio po usunięciu awarii maszyny czy urządzenia. Specjalista z utrzymania ruchu wypełnia w tym celu specjalną kartę EWO, która składa się z następujących elementów: opis awarii i interwencji, liczba pracowników, typ awarii, określenie czasu awarii (czasu oczekiwania, diagnozy, demontażu, czas dostarczenia części zamiennych, czas montażu, start - up), analiza przyczyn źródłowych (analiza 5W + 1H), lista możliwych przyczyn, weryfikacja możliwych przyczyn, określenie działań dla eliminacji przyczyn źródłowych (kto?, kiedy?), działania dla utrzymania warunków po wyeliminowaniu przyczyny źródłowej (kto?, kiedy?), rezultat, podpis osoby wykonującej analizę i weryfikującą analizę EWO [9].

W analizie EWO można wykorzystać metodę FMEA i diagram Ishikawy celem określenia innowacyjnych rozwiązań zapobiegawczych potencjalnym awariom maszyn i urządzeń.

4. Zastosowanie metod doskonalenia pracy służb utrzymania ruchu – metodą deskresearch

Zastosowanie nowoczesnego podejścia w zakresie zarządzania utrzymaniem ruchu wpływa korzystnie na działanie całego przedsiębiorstwa. Aby sprostać wymaganiom rynku wiele przedsiębiorstw skupia swą uwagę właśnie na utrzymaniu ruchu, który, jak wskazują badania, generuje coraz to większe koszty. Efektywne zarządzanie utrzymaniem ruchu to droga prowadząca do osiągnięcia zysków i rozwoju innowacyjności przedsiębiorstwa.

W tej drodze doskonalenia infrastruktury technicznej implementowany jest szeroki wachlarz metod, narzędzi i technik, które ułatwiają pracę służb utrzymania ruchu i prowadzą do niezawodności parku maszynowego.

Badane przedsiębiorstwo jest częścią międzynarodowego koncernu lidera systemów rurowych z tworzyw sztucznych.

Jest to jedno z najprężniej działających przedsiębiorstw w tym obszarze w Polsce, które prowadzi swoją działalność w zakresie służb utrzymania ruchu w oparciu o koncepcję TPM, zgodnie ze standardami ISO 9001 i 14001.

Służby utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie, to specjaliści z zakresu mechaniki, elektrotechniki, elektroniki, jak również obróbki ślusarskiej.

W celu zapewnienia efektywności pracy maszyn i urządzeń, służby utrzymania ruchu pracują zgodnie z koncepcją TPM, wykorzystując w swojej pracy szereg narzędzi i technik, do których zaliczyć można: analizę EWO, metodę 5S, metodę SMED, Kaizen i Poka-Yoke, harmonogramy określające standardy początkowe czyszczeń i inspekcji oraz kontrolę.

5. Badanie i ocena funkcjonowania TPM w przedsiębiorstwie

Pomiar efektywności wdrożenia TPM dokonywany jest z wykorzystaniem wskaźnika ogólnej efektywności wyposażenia - OEE.

Formułę obliczania OEE prezentują następujące wzory [11]:

$$\text{OEE} = \text{wskaźnik dostępności} \times \text{wskaźnik wydajności} \times \text{wskaźnik jakości}, \quad (1)$$

$$\text{OEE} = W_d \times W_w \times W_j, \quad (2)$$

gdzie

$$(W_d) \text{ wskaźnik dostępności} = \frac{\text{planowany czas pracy} - \text{postoje}}{\text{planowany czas pracy}} \times 100\% \quad (3)$$

$$(W_w) \text{ wskaźnik wydajności} = \frac{\text{wydajność produkcji} \times \text{teoretyczny czas cyklu}}{\text{czas pracy}} \times 100\% \quad (4)$$

$$(W_j) \text{ wskaźnik jakości} = \frac{\text{wielkość produkcji} - \text{elementy wadliwe}}{\text{wielkość produkcji}} \times 100\% \quad (5)$$

Wskaźnik OEE odzwierciedla efekty osiągnięte w zakresie wdrażania TPM oraz powiązanego z nim eliminowania strat powiązanych z eksploatacją wtryskarek, do których zaliczane są: czas konieczny do usunięcia awarii defektów, czas związany z przebrojeniami i regulacjami, bieg jałowy, krótkie przestoje, wytworzone wadliwe elementy i ich poprawianie, straty podczas rozruchu (zanim uzyskane zostaną właściwe parametry pracy).

W analizowanym przedsiębiorstwie wtryskarki osiągały wskaźniki OEE, które zaprezentowano w tabeli 1.

Tab. 1. Wskaźniki ogólnej efektywności maszyn w czasie jednej zmiany w ciągu jednego miesiąca
Tab. 1. Indicators of the overall effectiveness of machines during one shift in a month

Wskaźniki	Wtryskarka 1	Wtryskarka 2	Wtryskarka 3
Wd	0,88	0,87	0,89
Ww	0,94	0,92	0,95
Wj	0,997	0,993	0,998
OEE	0,82	0,79	0,84

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań
Source: Own study based on research

Najlepsze przedsiębiorstwa osiągnęły wartość OEE na poziomie 85-88% lub więcej. Standardem dla tego typu przedsiębiorstw jest co najmniej: 90% dla wskaźnika dostępności, 95% dla wydajności i 99% dla jakości.

W przypadku badanego przedsiębiorstwa osiągnięte wskaźniki, choć przebadano 3 maszyny, są satysfakcjonujące, ponieważ wskaźniki OEE osiągnęły standard w tym sektorze. Maszyny pracowały w systemie ciągłym na 3 zmiany.

Wskazane są dalsze obserwacje badanych wtryskarek tworzyw sztucznych celem precyzyjnego określenia prezentowanych wskaźników i sformułowania właściwych tez.

5. Podsumowanie

Wraz z rozwojem podejścia do utrzymania ruchu infrastruktury technicznej, w przeciągu kilku ostatnich dziesięcioleci zasadniczym przeobrażeniem uległo zarządzanie w sferze funkcjonowania przedsiębiorstwa.

Do głównych kierunków zmian należy zaliczyć:

- odejście od komunikacji werbalnej na rzecz przekazu pisemnego,
- zastąpienie improwizacji podejściem naukowym,
- zmiana rozwiązań intuicyjnych na podejście profesjonalne [2].

Ponadto, cały czas sfera utrzymania ruchu maszyn i urządzeń podlega wpływowi czynników, które w efekcie doprowadzają do modyfikacji istniejących rozwiązań lub nawet powstania zupełnie nowych.

Czynniki te posiadają charakter:

- technologiczny - informatyzacja, automatyzacja, robotyzacja, wprowadzanie nowych materiałów,
- ekonomiczny - konieczna redukcja kosztów, wzrost cen wyposażenia, outsourcing w zakresie utrzymania ruchu maszyn i urządzeń.
- kompetencyjny (zmiany w odniesieniu do posiadanych kompetencji), tj. przeniesienie zadań realizowanych dotychczas w ramach służb utrzymania ruchu maszyn na pracowników produkcyjnych i przedsiębiorstwa zewnętrzne (*ang. outsourcing*).

TPM, RCM i samodzielne przeglądy techniczne należą do nowoczesnych rozwiązań w zakresie utrzymania ruchu współczesnych systemów produkcyjnych.

Nastawione są one na maksymalizację efektywności wykorzystania wyposażenia poprzez eliminację strat związanych z jego użytkowaniem.

Dlatego te działania stanowią ważny element w koncepcjach Lean Management, World Class Manufacturing czy Agile Management, a nawet w powstającej koncepcji przemysłu 4.0.

Jak wiele innych japońskich rozwiązań kładą nacisk na pracę zespołową, pełnie zaangażowanie, podnoszenie kompetencji oraz stałe doskonalenie własnych działań i kompetencji.

I właśnie to silne ukierunkowanie na czynnik ludzki może stanowić trudność zrozumienia wszystkich elementów omawianych koncepcji zarządzania systemami produkcyjnymi i ich efektywnych wdrożeń w odmiennych warunkach kulturowych.

W trakcie obserwacji pracy służb utrzymania ruchu badanego przedsiębiorstwa, autorzy niniejszej pracy zidentyfikowali kilka barier i problemów związanych z zarządzaniem utrzymaniem w ruchu wtryskarek tworzyw sztucznych.

Do najważniejszych można zaliczyć fakt, iż pracownicy z długim stażem pracy mniej chętnie wykorzystywali nowoczesne metody takie jak Poka-Yoke, metodę 5S czy SMED. Można sądzić, iż wynika to z faktu przywiązania do „tradycyjnych” metod wykonywania pracy i braku chęci ciągłych zmian i uczenia się.

Opór pracowników przed zmianami jest właśnie jedną z najczęściej występujących barier. Kierownictwo badanego przedsiębiorstwa wprowadziło różnego rodzaju środki motywujące pracowników operatorów wtryskarek, aby implementacja metod i narzędzi zarządzania utrzymaniem ruchu maszyn przebiegała sprawnie i efektywnie z ukierunkowaniem prowadzenia samodzielnych przeglądów, tak aby infrastruktura techniczna osiągała wysoką wydajność i niezawodność.

6. Wniosek

- Zastosowanie odpowiedniej filozofii zarządzania utrzymaniem ruchu infrastruktury technicznej jest zasadniczym elementem, który wpływa na efektywność i niezawodność pracy.

Literatura

- [1] Ahuja I.P.S., Khamba J.S.: *Total productive maintenance: literature review and directions*. International Journal of Quality & Reliability Management, 2008, Vol. 25, No. 7, p. 720.
- [2] Deac V., Cârstea G, Bâgu C., Pârnu F.: *The modern approach to industrial maintenance management*. Informatica Economică 2010, Vol. 14, No. 2, pp. 135-136.
- [3] Janiszewski J.M., Siemieniuk K.: *Lean Management jako koncepcja wspomagająca zarządzanie innowacjami w przedsiębiorstwie*. [W:] *Makro i mikroekonomiczne zagadnienia gospodarowania, finansowania, zarządzania*. Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2002, s. 49-64.
- [4] Jasiulewicz-Kaczmarek M.: *Klienci i strony zainteresowane utrzymaniem ruchu*. http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2013/p008.pdf (dostęp 06.03.2018), 2013, s. 93.
- [5] Jin-Hai L., Anderson A.R., Harrison R.T.: *The evolution of agile manufacturing*. Business Process Management Journal, 2003, pp. 2, 9.
- [6] Legutko S.: *Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn*. Niezawodność i eksploatacja, 2009, Nr 2, s. 13, 15.
- [7] Nakajima S.: *Introduction to TPM*. Productivity Press, Portland, 1988, p. 34.
- [8] Pawłowski E., Pawłowski K, Trzcieliński S.: *Metody i narzędzia Lean Manufacturing*. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010, s. 42.
- [9] Pomietlorz-Loska M., Byrska-Bienias K.: *Metody i techniki zarządzania utrzymaniem ruchu - studium przypadku*. 2015, s. 622-624, 626. http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2015/T1/t1_0612.pdf (dostęp 05.03.2018).
- [10] Ramesh G., Devadasan S.R.: *Literature review on the agile manufacturing criteria*. Journal of Manufacturing Technology Management, 2007, Vol. 18, No. 2, p. 15.
- [11] Walczak M.: *System utrzymania ruchu czynnikiem przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa*. Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, 2012, s. 252-253. <http://janek.uek.krakow.pl/~kzzo/5.7.pdf> (dostęp 03.03.2018).
- [12] Walczak M.: *Zarządzanie systemem utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie na przykładzie Total Productive Maintenance*, 2012, s. 347-360. <http://dSPACE.uni.lodz.pl:8080/xmlui/bitstream/handle/11089/294/347-360.pdf> (dostęp 05.03.201).
- [13] Wolniak R.: *Metody i narzędzia Lean Production i ich rola w kształtowaniu innowacji w przemyśle*. [W:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. (red. R. Knosal). Oficyna Wyd. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2013, s. 524-532.
- [14] www.ognibene.com/it/corporate/o-wcm/miglioramento-continuo (dostęp 05.03.2018).
- [15] www.setontarget.com/wcm.html (dostęp 01.03.2018).